

# PENGARUH MUKA AIR TANAH TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH YANG DIPERKUAT DENGAN GEOTEXTILE

Rusdiansyah<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin

## Ringkasan

Tanah pasir merupakan material berbutir yang mempunyai kapasitas daya dukung yang tinggi dan penurunan yang kecil pada tanah yang relatif padat. Sedangkan geotextile dapat digunakan untuk meningkatkan bearing capacity tanah atau memperkuat daya dukung tanah dasar antara lain dalam pembuatan jalan atau tanggul. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar pengaruh muka air tanah terhadap daya dukung tanah yang diperkuat geotextile dan penurunan pondasi di atas tanah pasir yang dihasilkan akibat pengaruh muka air tanah dan pemasangan geotextile. Penelitian ini dilakukan melalui uji model di lokasi pengujian dengan cara meletakkan uji sampel pondasi dangkal dengan dimensi 10x10 cm di atas pasir yang dimasukkan ke dalam kolam pengujian dan menguji pondasi dangkal tersebut baik tanpa perkuatan maupun dengan menggunakan perkuatan geotextile dengan variasi tinggi muka air tanah. Variasi tinggi muka air tanah dalam penelitian ini adalah 55 cm, 67,5 cm, 77,5 cm dan 80 cm dari dasar. Pelaksanaan penelitian dengan menggunakan perkuatan geotextile, yaitu dengan jarak antar geotextilnya tidak rapat ( $n=4$ ) dan dengan jarak antar geotextilnya rapat ( $n=5$ ). Parameter yang diteliti adalah efek letak lapisan geotextile teratas ( $u$ ) dari geotextile terhadap kenaikan daya dukung ultimit pondasi dan efek jarak antar geotextile ( $z$ ). Untuk mengetahui penurunan, dilakukan pembebanan dengan menggunakan alat CBR lapangan (dongkrak). Berdasarkan penurunan yang terjadi pada tiap pengujian, dapat dianalisis peningkatan daya dukung yang terjadi dengan perkuatan geotextile. Penurunan yang dihasilkan dari pengujian tanpa perkuatan lebih besar daripada pengujian dengan perkuatan sedangkan daya dukung ultimit yang dihasilkan dari pengujian tanpa perkuatan lebih kecil daripada pengujian dengan perkuatan. Untuk pengujian dengan geotextile  $n=5$  penurunan yang dihasilkan lebih kecil daripada pengujian dengan geotextile  $n=4$ . Dan untuk daya dukung ultimitnya, penelitian dengan perkuatan  $n=5$  lebih besar daripada penelitian dengan geotextile  $n=4$ . Nilai BCR yang merupakan perbandingan antara daya dukung ultimit dengan perkuatan dan daya dukung ultimit tanpa perkuatan pada masing-masing rasio pengujian menunjukkan bahwa nilai BCR M.A.T = 55 cm > M.A.T = 67,5 cm > M.A.T = 77,5 cm > M.A.T = 80 cm (M.A.T = Muka air tanah). Adanya variasi muka air tanah, pemasangan perkuatan geotextile dan banyaknya jumlah lapisan geotextile yang digunakan mempengaruhi nilai penurunan dan daya dukung ultimit. Untuk variasi muka air dengan perkuatan memberikan kenaikan daya dukung 1,75-2,5 kali dibanding variasi muka air tanpa perkuatan

**Kata Kunci** : daya dukung ultimit, tanah pasir, geotextile, muka air tanah

## 1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu elemen penting bagi tempat berdirinya suatu konstruksi. Tanah pasir dan kerikil merupakan tanah yang mempunyai sifat-sifat teknis yang lebih baik dari pada tanah lempung. Tanah pasir merupakan material berbutir yang mempunyai kapasitas dukung tinggi dan penurunan kecil apabila tanahnya relatif padat.

Pada kondisi alam, pasir yang terdiri dari butiran sedang dan halus sering dalam kondisi tidak padat. Getaran yang kuat dapat menye-

babkan penurunan pondasi di atas tanah pasir. Pasir tidak padat atau dinamakan pasir lepas memiliki nilai kapasitas dukung yang rendah pada persyaratan besarnya penurunan. Penurunan terjadi segera sesudah penerapan beban. Apabila pondasi terletak pada tanah pasir yang berkepadatan sedang sampai padat, penurunan yang terjadi umumnya kecil.

Tanah pasir dengan kepadatan yang bervariasi, memiliki daya dukung yang sangat rendah (Extremely Low Bearing Capacity), sifat permeabilitas yang tinggi dan sifat penurunan yang besar. Geosynthetics sebagai material

perkuatan tanah dicoba untuk diaplikasikan pada tanah pasir agar kekuatan tanah pasir yang lemah dapat ditingkatkan. Ada beberapa macam Geosynthetics, yaitu antara lain geotextile, geogrid, geomembrane, geocomposite, dan geoliner element.

Jenis Geosynthetics yang digunakan dalam penelitian ini adalah geotextile. Pemilihan material tersebut karena memiliki kekuatan tarik tinggi, anti lumut dan jamur, tahan terhadap panas dan bahan kimia yang terdapat dalam tanah, dan pelaksanaan pemasangan material yang relatif mudah. Geotextile dapat digunakan untuk meningkatkan bearing capacity tanah atau memperkuat daya dukung tanah dasar dalam pembuatan jalan atau tanggul atau membungkus tanah timbunan agar tidak mudah menyerap dan menyimpan air hujan dan tidak menjadi gembur. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, digunakan Geosynthetics dengan jenis geogrid. Digunakan geogrid karena dianggap dapat meningkatkan kapasitas dukung tanah dasar dan menambah kekuatan tarik tanah. Dilihat dari kegunaannya, geogrid tidak jauh berbeda dengan geotextile. Namun, dari segi fisik dapat dilihat perbedaan antara kedua perkuatan tersebut. Geogrid mempunyai kondisi fisik yang jauh lebih renggang dari geotextile yang rapat dan menyerupai anyaman. Karena itu, dalam penelitian ini digunakan geotextile untuk mengetahui bagaimana daya dukung setelah dipasang perkuatan geotextile.

Pengujian dilakukan dengan uji model di lokasi pengujian. Pengujian pada model ini untuk mengetahui perilaku tanah pasir yang diperkuat dengan lembaran geotextile dengan meninjau adanya pengaruh pembebanan yang sampai saat ini jarang dilakukan. Atas dasar inilah, dalam penelitian ini dilakukan hal tersebut.

### Perumusan Masalah

Pembahasan lebih difokuskan pada bagaimana pengaruh muka air tanah terhadap daya dukung tanah yang diperkuat geotextile.

### Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besar pengaruh muka air tanah terhadap daya dukung tanah yang diperkuat geotextile.
2. Mengetahui penurunan pondasi di atas tanah pasir yang diperkuat dengan geotextile akibat perubahan/pengaruh muka air tanah.

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai gambaran tentang bagaimana pengaruh muka air tanah terhadap daya dukung tanah yang diperkuat geotextile dan terhadap penurunan tanah yang dihasilkan.

## 2. METODE PENELITIAN

### Tahap Persiapan

Alat yang digunakan adalah:

- a. Kolam kedap air yang terbuat dari pemasangan dinding  $\frac{1}{2}$  bata yang dibuat di lapangan, dengan dimensi 80 cm x 80 cm x 100 cm.
- b. Dua buah Angkur sondir/jangkar baja yang berfungsi sebagai tiang baja kanal.
- c. Rangka baja yang digunakan untuk menggantung alat beban CBR dan *dial gauge*.
- d. *Dial gauge* untuk mengetahui penurunan (*settlement*) yang terjadi.
- e. *Proving ring* untuk merekam besarnya beban yang terjadi.
- f. Alat dongkrak (CBR Lapangan) sebagai beban penekan, dengan kapasitas 4 ton.
- g. *Water pass* untuk meratakan permukaan butiran pasir.
- h. Pipa Paralon untuk mengukur tinggi muka air, dengan panjang 100 cm dan diameter 4". Dilubangi dengan jarak 3 cm.

### Prosedur Awal

- a. Percobaan dilakukan berdasarkan besarnya pembebanan dengan menggunakan beban dongkrak (alat CBR Lapangan) kapasitas 4 ton dan model pondasi yang digunakan adalah pondasi bujur sangkar yang terbuat dari kayu ulin dengan dimensi 10cmx10cm.
- b. Model perkuatan yang digunakan adalah lembaran Geotextile yang berasal dari PT TETRASA GEOSININDO (Geosynthetic Indonesia) dengan spesifikasi 300 kg/cm<sup>2</sup>.
- c. Tanah yang digunakan adalah pasir urug yang berasal dari daerah Cempaka Banjarbaru, yang merupakan tanah pasir halus dengan ukuran sedang (*medium sand*).
- d. Model pondasi yang digunakan adalah pondasi bujur sangkar yang terbuat dari kayu ulin dengan dimensi 10 cm x 10 cm.
- e. Uji sampel dilaksanakan di halaman kampus Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru.
- f. Pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah (tanpa penanaman/Df=0)

### Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian yang dilakukan dalam tiga bagian utama yaitu penelitian penurunan pondasi akibat pengaruh variasi muka air tanpa perkuatan, penelitian penurunan pondasi akibat pengaruh variasi muka air dengan perkuatan geotextile dengan jarak antar geotextilennya tidak rapat dan penelitian penurunan pondasi akibat pengaruh variasi muka air dengan perkuatan geotextile dengan jarak antar geotextile cukup rapat.

- a. Pengaruh variasi muka air tanpa perkuatan  
Muka air sesuai rasio yang direncanakan melalui pipa, yaitu sebagai berikut:

- Tinggi muka air 80 cm
- Tinggi muka air 77,5 cm
- Tinggi muka air 67,5 cm
- Tinggi muka air 55 cm

Melakukan pembebanan tahap demi tahap, pada setiap tahap pembebanan dibaca beban yang bekerja dan penurunan yang terjadi pada tanah pasir.

- Pengaruh variasi muka air menggunakan perkuatan geotextile dengan jarak yang tidak rapat antar geotextilanya ( $n = 4$ )

Memasang lembaran geotextile dengan parameter konstan:

- $u/B = 0,25$
- $Br/B = 5$
- $z/B = 0,5$
- $n$  (jml lapisan geotextile) = 4  
 $B = 10$  cm

Menambahkan air sesuai rasio yang direncanakan melalui pipa, yaitu sebagai berikut:

- Tinggi muka air 80 cm
- Tinggi muka air 77,5 cm
- Tinggi muka air 67,5 cm
- Tinggi muka air 55 cm

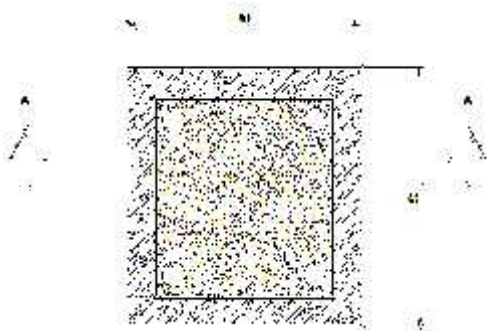
Melakukan pembebanan tahap demi tahap, pada setiap tahap pembebanan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Karakteristik Material dan Bahan Material

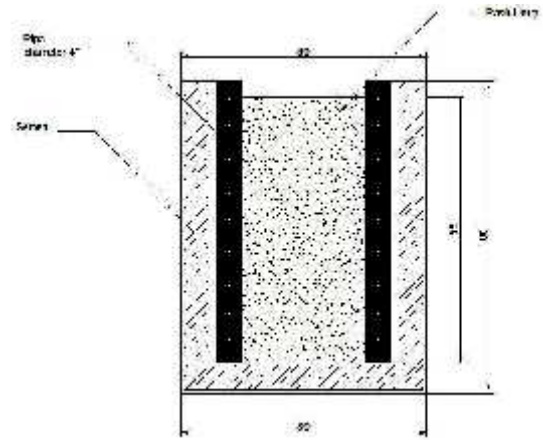
Pengujian material yang dilakukan adalah pengujian kadar air, berat volume pasir, berat jenis, kerapatan relatif dan ukuran butir sebagai materi dalam penelitian pondasi dangkal. Dari hasil pengujian didapat:

- Kadar air  
Sebelum pengujian = 5,60%  
Setelah pengujian = 15,60%.

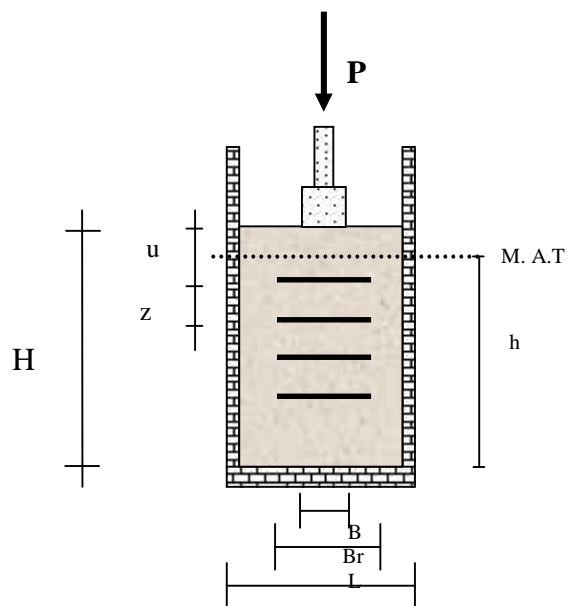


Gambar 1. Tampak Atas

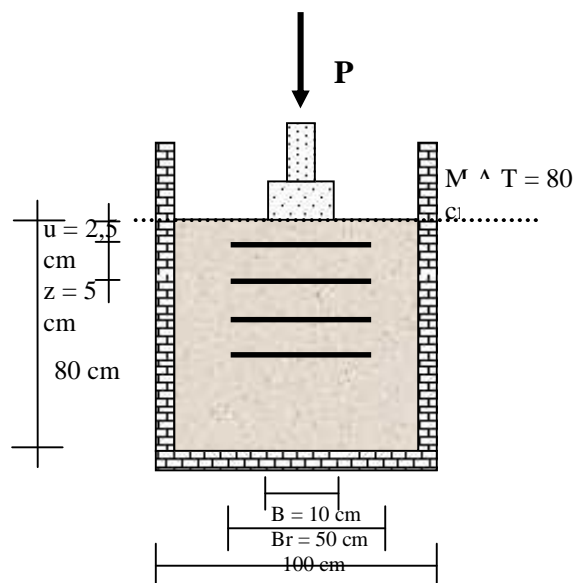
- Berat volume ( d)  
 $\gamma_{dmax} = 1,661 \text{ gr/cm}^3$   
 $\gamma_{dmin} = 1,590 \text{ gr/cm}^3$   
 $\gamma_{aktual} = 1,623 \text{ gr/cm}^3$
- Berat Jenis ( $G_s$ ) = 2,762 gr/cm<sup>3</sup>



Gambar 2. Potongan A-A



Gambar 3. Model Pondasi



Gambar 4. Model Pondasi di Atas Pasir dengan Perkuatan ( $n=4$ ) dan Muka Air Tanah 80 cm

3. Kerapatan Relatif ( $D_r$ ) = 47,57%
4. Angka pori ( $e$ ):
 
$$e_{maks} = 0,834$$

$$e_{min} = 0,756$$
5. Analisa Saringan  
Berdasarkan hasil analisa saringan diketahui tanah pasir yang digunakan pada penelitian hanya sedikit mengandung kerikil.

Tabel 1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Tanah Pasir

Lubang Saringan (mm)	Persen lolos (%)
No.12	95,442
No.16	91,713
No.30	83,288
No.50	61,131
No.100	15,256
Pan	0

6. Sudut Geser Dalam  
Berdasarkan hasil pengujian diperoleh sudut geser dalam tanah pasir sebesar  $26^\circ$ .  
Dari uraian di atas dapat dilihat kadar air sebelum dan sesudah pengujian yaitu 5,60% dan 15,60%. Terdapat selisih 10%. Hal ini disebabkan karena kondisi pasir yang berbeda yaitu pasir sebelum pengujian yang kondisinya relatif kering dan pasir setelah pengujian yang kondisinya relatif basah. Dari berat volume pasir yang didapat, maka nilai kerapatan relatif ( $D_r$ ) adalah sebesar 47,57%.

### Bahan

Geotextile yang digunakan pada penelitian ini diproduksi oleh PT. Tetrasa Geosinindo. Dengan berat  $300 \text{ gr/m}^2$ . Adapun spesifikasi lengkapnya adalah seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Geotextile  $300 \text{ gr/m}^2$

No.	Property	Spesifikasi	Metode Pengujian
1.	Tebal	0,76 mm	ASTM D 5199
2.	Kuat Tarik		
	Search Mesin (warp)	55 kN/m	ASTM D 4595
	Tegak Lurus Mesin (weft)	51 kN/m	ASTM D 4596
3.	Kemuluran		
	Search Mesin (warp)	14%	ASTM D 4595
	Tegak Lurus Mesin (weft)	9%	
4.	Ketahanan Jebol CBR	6500 N	ASTM D 3576
5.	Index Puncture Resistance	870 N	ASTM D 4491
6.	Permeabilitas	0,04 cm/s	ASTM D 4491
7.	Opening size	0,340 mm	

Dilihat dari spesifikasi geotextile dalam Tabel 2, kuat tarik dan kuat tusuk yang dimiliki oleh Geotextile yang digunakan adalah cukup memadai sehingga bahan geotextile dapat digunakan untuk penelitian tanah pasir ini karena dilihat dari kuat tusuknya yang dapat mencapai 6500 N (650 kg) sedangkan dari hasil pengujian yang dilakukan di pengujian ini beban maksimal hanya 122,382 kg.

### Hasil Pengujian Tanpa Perkuatan dengan Variasi Muka Air Tanah

Dalam Gambar 5 menunjukkan grafik yang menggambarkan beban ultimit ( $P_{ult}$ ) yang terjadi pada pengujian tanpa perkuatan dengan variasi muka air tanah.

Dengan menggunakan metode Spesifikasi Praktis, maka dapat ditentukan beban ultimit yang mampu didukung oleh model uji pondasi dangkal di atas tanah pasir tanpa perkuatan geotextile dengan variasi muka air tanah.

Gambar 5(a) menunjukkan grafik yang menggambarkan beban ultimit ( $P_{ult}$ ) yang terjadi pada pengujian tanpa perkuatan dengan muka air tanah 55 cm. Kurva terlihat linear pada beban 0 sampai 10 kg. Hal ini menunjukkan bahwa sampai pada beban 10 kg, besarnya penurunan yang terjadi sebanding dengan pertambahan beban yang diberikan pada model uji pondasi. Pada saat beban 10 sampai 50 kg, kurva menunjukkan lengkung parabolis, karena mulai terjadi penurunan yang tidak sebanding dengan besarnya beban yang bekerja. Pada saat beban 15 kg, kurva mengalami penurunan yang drastis, sehingga dapat dikatakan bahwa beban mulai mencapai ultimit. tanah 55 cm adalah sebesar 15 kg.

Pada Gambar 5(b) dapat disimpulkan bahwa beban ultimit yang mampu didukung oleh model uji pondasi di atas tanah pasir tanpa perkuatan geotextile dengan muka air tanah 67,5 cm adalah sebesar 13 kg.

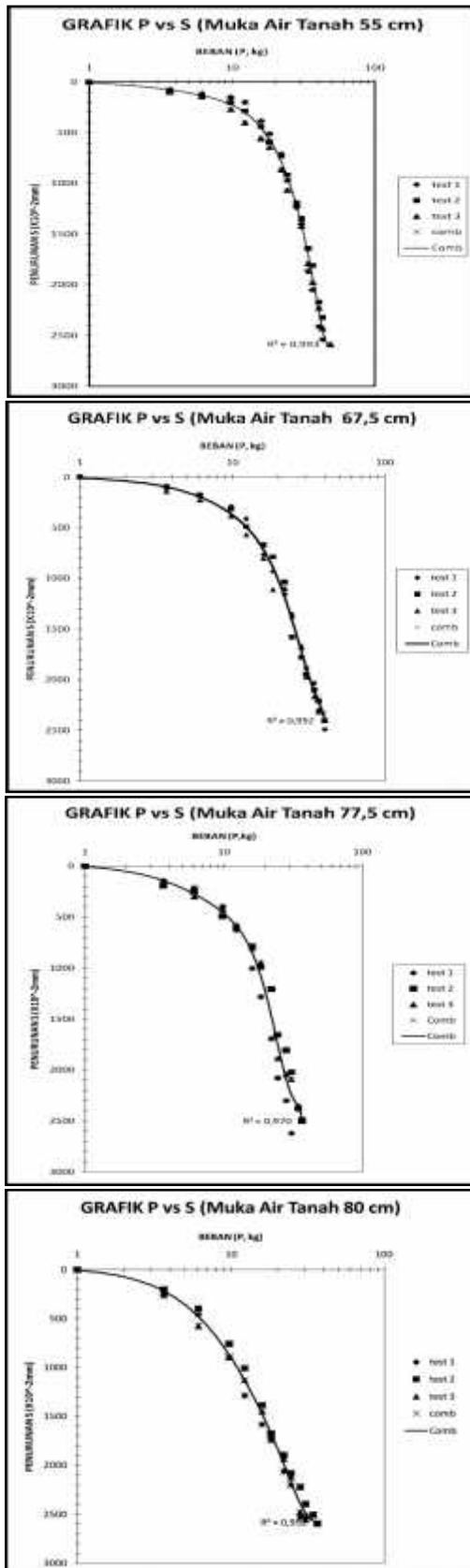
Dalam Gambar 5(c) Pada saat beban mencapai 10 kg, grafik menunjukkan penurunan yang sangat drastis. Hal ini disebabkan beban mulai mencapai ultimit. Sehingga dapat diketahui bahwa pada saat beban mencapai 10 kg dengan muka air tanah 77,5 cm tanpa perkuatan beban telah mencapai ultimit.

Sedangkan dalam Gambar 5(d) Beban ultimit yang dihasilkan dengan metode Spesifikasi Praktis didapat beban ultimit sebesar 8 kg.

### Pengujian dengan jarak antar geotextilnya rapat ( $n=5$ )

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa secara umum kurva berbentuk linear pada saat beban rendah (sebelum beban ultimate) karena kenaikan beban sebanding dengan penurunan yang terjadi pada saat beban mencapai ultimate kur-

va tidak lagi berbentuk linear, karena pondasi telah mengalami keruntuhan sehingga kurva berbentuk parabolis.



Gambar 5. Hasil Pengujian Tanpa Perkuatan dengan Variasi Muka Air Tanah

Dalam Gambar 6(a) menunjukkan bahwa beban ultimit dapat diketahui dengan metode Spesifikasi Praktis, dimana didapatkan beban ultimit sebesar 35 kg untuk perlakuan pengujian dengan perkuatan dan tinggi muka air tanah 55 cm.

Pada pengujian dengan perkuatan dan muka air tanah 67,5 cm, beban ultimit yang dicapai adalah sebesar 29 kg (Gambar 6(b)).

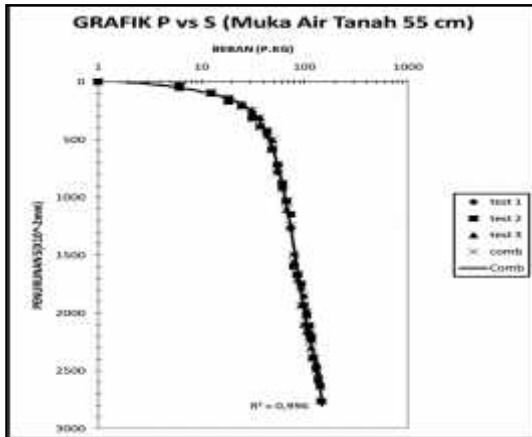
Dengan metode Spesifikasi Praktis dapat diketahui bahwa beban ultimit yang mampu didukung oleh model uji pondasi dangkal di atas tanah pasir yang menggunakan perkuatan geotextile dengan muka air tanah 77,5 cm (Gambar 6(c)) adalah sebesar 22 kg.

Sedangkan dalam Gambar 6(d) menunjukkan bahwa beban ultimit yang mampu didukung oleh model uji pondasi dangkal di atas tanah pasir yang menggunakan perkuatan geotextile dengan muka air tanah 80 cm adalah sebesar 17 kg.

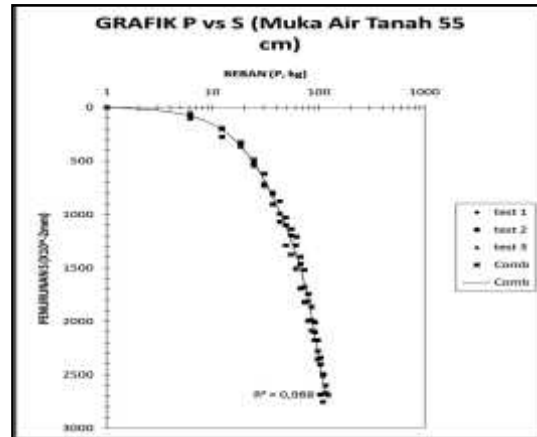
#### Pengujian dengan jarak antar geotextilnya tidak rapat (n=4)

Pada Gambar 7(a) dapat dilihat bahwa kurva yang mewakili pengujian dengan perkuatan dan muka air tanah 55 cm akan berbentuk linear pada saat beban 0 sampai 10 kg karena kenaikan beban sebanding dengan penurunan yang terjadi dan pada saat beban mencapai 10 sampai 110 kg kurva tidak lagi berbentuk linear, karena pondasi telah mengalami keruntuhan sehingga kurva berbentuk parabolis dan pada saat beban 30 kg beban mulai mencapai ultimit sehingga penurunan yang terjadi semakin besar dan drastis. Beban ultimit dapat diketahui dengan metode Spesifikasi Praktis, sehingga didapatkan beban ultimit sebesar 30 kg dengan perkuatan dan muka air tanah 55 cm.

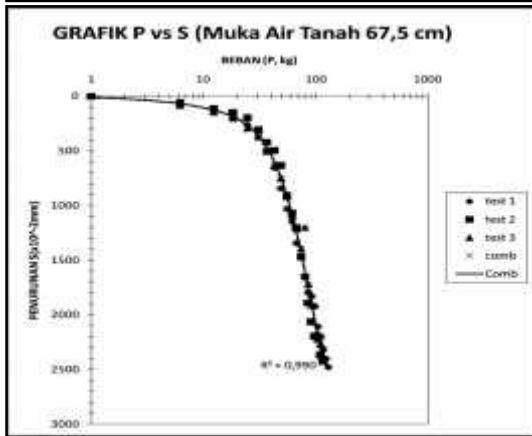
Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7(b) dimana pada saat beban 25 kg beban mulai mencapai ultimit. Jadi pada pengujian dengan perkuatan dan muka air tanah 67,5 cm, beban ultimit yang dicapai adalah sebesar 25 kg, sedangkan dalam Gambar 7(c) dapat diketahui bahwa beban ultimit yang mampu didukung oleh model uji pondasi dangkal di atas tanah pasir yang menggunakan perkuatan dengan muka air tanah 77,5 cm adalah sebesar 19 kg. Pada gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa saat beban mencapai 7 kg kurva akan mengalami penurunan drastis. Pada saat beban mencapai 7 kg sampai 100 kg kurva mengalami lengkung parabolis dimana pada saat tersebut beban tidak sebanding dengan penurunan yang terjadi. Demikian juga dalam Gambar 7(d) beban ultimit yang mampu didukung oleh model uji pondasi dangkal di atas tanah pasir yang menggunakan perkuatan geotextile dengan muka air tanah 80 cm adalah sebesar 14 kg.



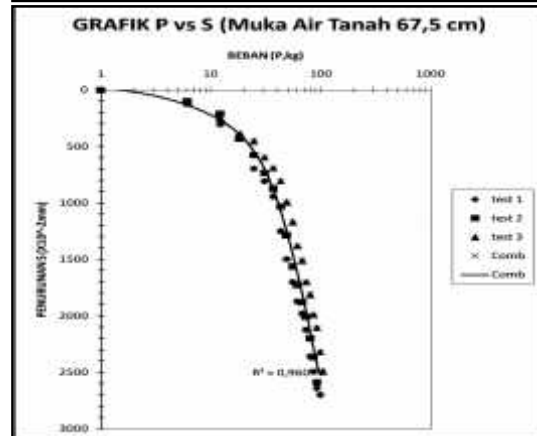
(a)



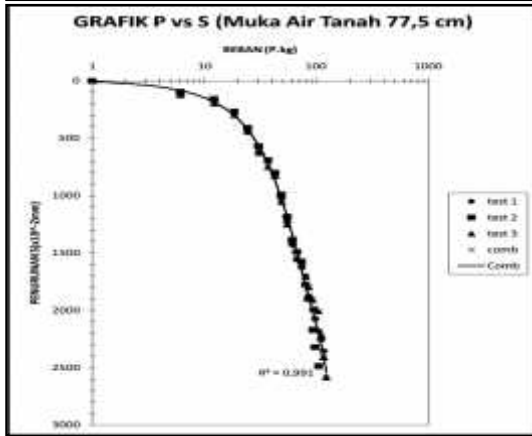
(a)



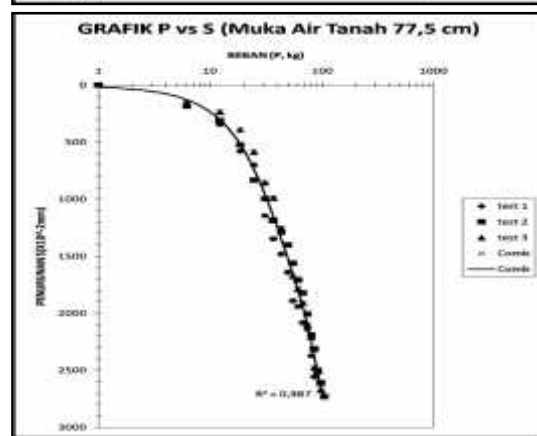
(b)



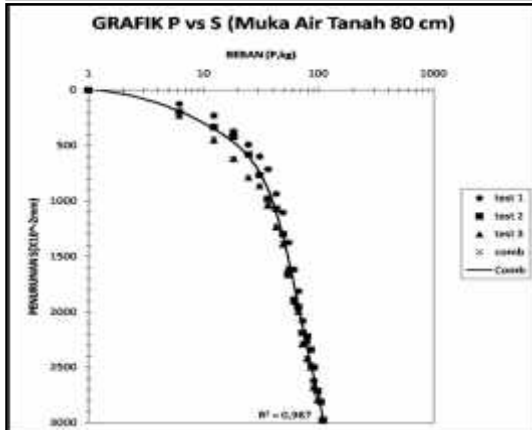
(b)



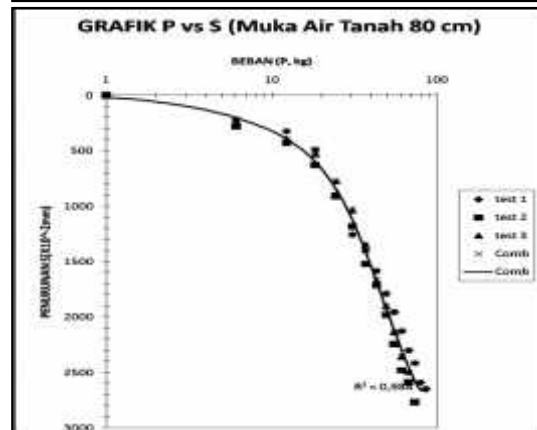
(c)



(c)



(d)



(d)

Gambar 6. Pengujian dengan jarak antar perkuatan geotextilnya rapat (n=5)

Gambar 7 Pengujian dengan jarak antar perkuatan geotextilnya tidak rapat (n=4)

Berdasarkan analisa grafik dari masing-masing rasio pemasangan geotextile pada pondasi dangkal di atas tanah pasir, maka dapat disimpulkan bahwa dalam pengujian ini, masing-masing rasio dapat menahan beban maksimal ( $P_{ult}$ ) sebesar beban terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3.  $P_{ult}$  untuk pengujian tanpa dan dengan perkuatan

Perlakuan	Muka air tanah (cm)	Pult (kg)
Tanpa Perkuatan	55	15
	67,5	13
	77,5	10
	80	8
Dengan perkuatan n=5 (rapat)	55	35
	67,5	29
	77,5	22
	80	17
Dengan perkuatan n=4 (tidak rapat)	55	30
	67,5	25
	77,5	19
	80	14

Dilihat dari Tabel 3, terdapat perbedaan beban ultimit dari perlakuan dan variasi muka air tanah yang berbeda. Untuk muka air tanah 55 cm dari ketiga perlakuan mempunyai analisa beban ultimit yang berbeda-beda, tanpa perkuatan sebesar 15 kg, dengan perkuatan ( $n=5$ ) sebesar 35 kg, dan dengan perkuatan ( $n=4$ ) sebesar 30 kg. Dengan adanya perkuatan geotextile dan jumlah perkuatan yang digunakan lebih banyak, maka beban ultimitnya semakin besar. Beban ultimit dengan perkuatan ( $n=5$ ) yaitu 29 kg untuk muka air tanah 67,5 cm memperlihatkan nilai beban ultimit yang lebih besar dari perlakuan variasi muka air tanah yang lain. Yaitu perlakuan tanpa geotextile hanya sebesar 13 kg dan dengan pemasangan geotextile ( $n=4$ ) sebesar 25 kg. Beban ultimit 10 kg merupakan beban ultimit tanpa perkuatan muka air tanah 77,5 cm. Sedangkan untuk pemasangan perkuatan  $n=5$  dan  $n=4$  masing-masing mempunyai beban ultimit 22 kg dan 19 kg. Muka air tanah 80 cm merupakan variasi muka air tanah yang beban ultimit relatif berbeda antara 3 pengujian yang dilakukan. Karena untuk kondisi tanpa perkuatan mempunyai beban ultimit 8 kg, dengan perkuatan ( $n=5$ ) 17 kg, dan dengan perkuatan ( $n=4$ ) sebesar 14 kg. Dilihat dari hasil pengujian di atas, maka pengujian dengan perkuatan ( $n=5$ ), memiliki beban ultimit yang lebih besar. Ini dikarenakan adanya pemasangan perkuatan geotextile dengan jumlah yang lebih banyak sehingga menghasilkan beban ultimit yang besar. Karena pada saat pembebanan dilakukan, pada perlakuan untuk jarak antar geotextile yang rapat dengan menggunakan lem-

baran geotextile sebanyak 5 lembar dengan jarak antar geotextile 2,5 cm dapat menahan seluruh bidang gelincir sehingga dapat memikul beban yang diterima yang mengakibatkan daya dukung ultimitnya dapat bertambah dibandingkan dengan pengujian dengan perlakuan jarak antar geotextile tidak rapat yang menggunakan 4 lembar geotextile dengan jarak antar geotextile 5 cm. Karena untuk perlakuan tersebut lembar geotextile sebanyak 4 lembar tersebut tidak seluruhnya dapat memikul beban yang diterima. Dilihat dari tinggi bidang gelincir yang sebesar 14 cm, hanya 2 lembar geotextile yang dapat menahan langsung beban yang diterima.

Dari hasil analisis beban ultimit ( $P_{ult}$ ) yang didukung oleh model uji pondasi dangkal pada masing-masing pengujian, dapat diketahui bahwa variasi muka air tanah dan penggunaan geotextile berpengaruh terhadap daya dukung ultimitnya. Dimana dengan perkuatan memberikan kenaikan daya dukung 1,75-2,5 kali dibanding tanpa perkuatan. Karena tanpa adanya pemasangan geotextile dalam pengujian maka pada saat ada pembebanan tidak ada yang menahan dan memikul beban di daerah bidang gelincir sehingga daya dukung ultimitnya kecil.

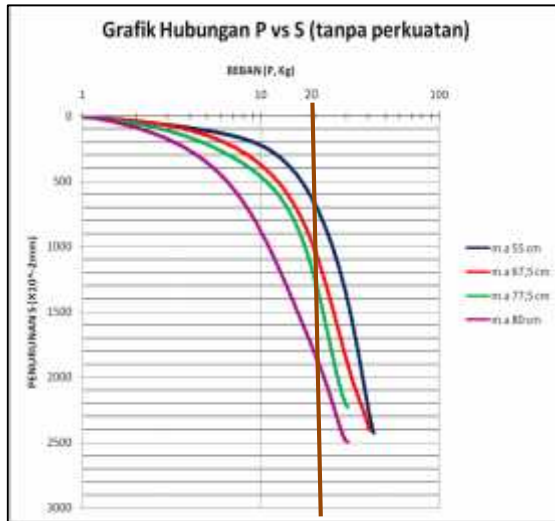
Dari Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10, dapat dilihat bahwa pada beban yang sama, yaitu 20 kg, terjadi perbedaan penurunan pada masing-masing rasio. Pada pengujian tanpa perkuatan, dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa penurunan maksimumnya adalah sebesar 25,5 mm atau 2,55 cm. Untuk pengujian dengan perkuatan ( $n=5$ ), berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa penurunan terbesar yang dapat terjadi mencapai 29,80 mm atau 2,98 cm. Sedangkan berdasarkan Gambar 10, untuk perkuatan ( $n=4$ ) dapat dilihat bahwa penurunan terbesar yang dapat terjadi mencapai 27,10 mm atau 2,71 cm. Selain itu, berdasarkan Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10 dapat dibandingkan penurunan yang terjadi pada beban yang sama untuk pengujian tanpa dan dengan pemasangan geotextile.

Pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 dapat dilihat perbandingan antara besarnya penurunan yang terjadi pada beban yang sama.

Tabel 4. Penurunan Pada Beban Yang Sama Untuk Pengujian Tanpa Perkuatan

Beban M.A	Penurunan	
	10 kg	20 kg
55	2,10 mm	7,00 mm
67.5	3,85 mm	11,0 mm
77.5	4,95 mm	13,5 mm
80	9,00 mm	19,1 mm

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa tanpa pemasangan geotextile dengan variasi muka air tanah 80 cm, pada saat diberi beban 10 kg sampai 20 kg, penurunan yang terjadi lebih besar daripada variasi muka air tanah 77,5 cm, muka air tanah 67,5 cm dan muka air tanah 55 cm. Hal ini disebabkan karena adanya muka air tanah yang lebih tinggi maka menyebabkan penurunan yang terjadi akan semakin besar.



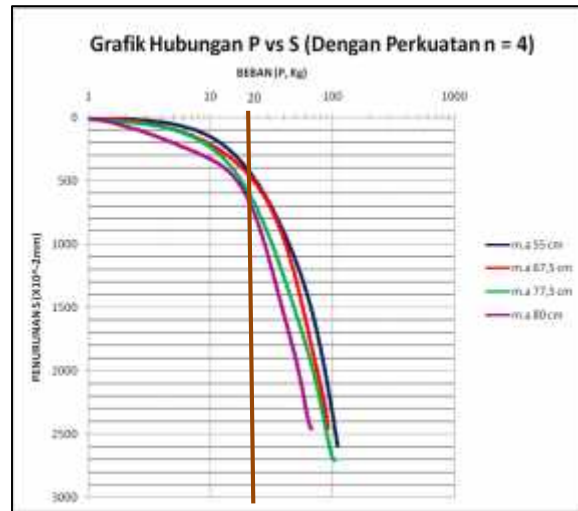
Gambar 8. Grafik hubungan P vs S (Tanpa Perkuatan)



Gambar 9 Grafik hubungan P vs S (Dengan Perkuatan n=5, rapat)

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa pemasangan geotextile dapat mengurangi penurunan yang terjadi. Dibandingkan dengan hasil pengujian tanpa perkuatan, dapat terlihat nilai penurunan yang jauh berbeda dari masing-masing variasi muka air tanah saat pengujian dengan perkuatan (n=5). Penurunan dari pengujian dengan perkuatan (n=5) jauh lebih kecil dibanding penurunan tanpa perkuatan dilihat

dari masing-masing variasi tinggi muka air tanah. Hal ini disebabkan diantaranya adalah adanya perkuatan dan pengaruh perbedaan tinggi muka air tanah. Dari muka air tanah yang lebih rendah terlihat penurunan yang dihasilkan lebih kecil.



Gambar 10. Grafik hubungan P vs S (Dengan Perkuatan n=4, tidak rapat)

Tabel 5. Penurunan pada Beban yang Sama Untuk Pengujian dengan Perkuatan (n =5)

Beban M.A	Penurunan	
	10 kg	20 kg
55	0,90 mm	1,40 mm
67.5	1,00 mm	2,10 mm
77.5	1,25 mm	3,20 mm
80	3,00 mm	5,10 mm

Tabel 6 Penurunan Pada Beban Yang Sama Untuk Pengujian Dengan Perkuatan (n=4)

Beban M.A	Penurunan	
	10 kg	20 kg
55	1,25 mm	4,10 mm
67.5	2,10 mm	4,25 mm
77.5	2,20 mm	6,00 mm
80	3,20 mm	6,50 mm

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa pemasangan geotextile dengan jumlah geotextile 4 lembar dengan variasi muka air tanah. Pada muka air tanah 80 cm terjadi penurunan yang lebih besar bila dibandingkan variasi muka air tanah 67,5 cm, muka air tanah 77,5 cm dan muka air tanah 55 cm. Hal ini disebabkan muka



air tanah tinggi yaitu sebanding dengan tinggi permukaan pasir dalam kolam sehingga penurunan yang dihasilkan menjadi lebih besar.

Pada muka air tanah 55 cm, dapat dilihat penurunan yang terjadi lebih kecil dibanding variasi muka air tanah yang lain. Untuk beban 10 kg, penurunan yang terjadi untuk pengujian tanpa perkuatan sebesar 2,10 mm, untuk pengujian dengan perkuatan ( $n=4$ ) sebesar 1,25 mm dan untuk perkuatan dengan  $n=5$  penurunan sebesar 0,90 mm. Terjadi penurunan yang berbeda-beda dari ketiga pengujian tersebut, maka sangat terlihat bahwa dengan pemasangan geotextile dan dengan pemakaian jumlah geotextile yang lebih banyak dapat memperkecil penurunan yang terjadi.

Tabel 7. Hubungan antara beban ultimit dengan daya dukung ultimit

No	Variasi	Beban Ultimit (Kg)	Daya Dukung Ultimit (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Tanpa Perkuatan		
1	Muka air tanah 55 cm	15	0,15
2	Muka air tanah 67,5 cm	13	0,13
3	Muka air tanah 77,5 cm	10	0,1
4	Muka air tanah 80 cm	8	0,08
	Dengan Perkuatan ( $n=5$ )		
1	Muka air tanah 55 cm	35	0,35
2	Muka air tanah 67,5 cm	29	0,29
3	Muka air tanah 77,5 cm	22	0,22
4	Muka air tanah 80 cm	17	0,17
	Dengan Perkuatan ( $n=4$ )		
1	Muka air tanah 55 cm	30	0,3
2	Muka air tanah 67,5 cm	25	0,25
3	Muka air tanah 77,5 cm	19	0,19
4	Muka air tanah 80 cm	14	0,14

Selain dengan adanya pemasangan geotextile dan jumlah geotextile yang digunakan, faktor variasi muka air tanah juga sangat berpengaruh dalam penurunan dari pengujian-pengujian di atas. Semakin besar tinggi muka air tanah maka penurunan yang terjadi juga semakin besar. Karena pengaruh gesekan tanah antar butiran, pada saat ada muka air tanah, butiran tanah terlapis air yang menyelimuti lapisan tanah sehingga terjadi penggelembungan (heave) pada butiran tanah yang mengakibatkan gesekan antar butir tanah tidak terjadi dan

berkurangnya kuat geser. Padahal gesekan antar butir tanah tersebutlah yang mengakibatkan meminimalkan penurunan. Pada saat tidak terdapat muka air tanah gesekan antar butir tanah terjadi sehingga penurunan yang terjadi kecil saat muka air tanah 55 cm yaitu pada saat tanah tidak seluruhnya terendam. Kemudian berakibat berkurangnya kuat geser tanah yang akhirnya menyebabkan penurunan besar dan sangat terlihat pada muka air tanah 80 cm. Pada muka air tanah 80 cm seluruh ruang pori terisi air dan tegangan efektif pun lebih ringan sehingga penurunan menjadi lebih besar dibandingkan pada muka air tanah 55 cm, 67,5 cm, atau 77,5 cm. Tegangan efektif berpengaruh besar pada penurunan yang terjadi. Makin tinggi tegangan efektif suatu tanah, makin padat tanah tersebut. Tegangan efektif di dalam massa tanah akan mengalami perubahan dikarenakan adanya rembesan air yang melaluinya. Tegangan efektif ini akan bertambah besar atau kecil tergantung pada arah dari rembesan. Apabila muka air tanah bertambah maka kestabilan tanah akan hilang dan penurunan menjadi besar. Disini tegangan efektif memiliki peranan penting karena menyangkut kekuatan geser tanah dan kompressibility tanah (perubahan isi tanah yang terjadi akibat perubahan tekanan yang bekerja).

#### Perhitungan Daya Dukung Ultimit Pondasi

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa pada pengujian tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geotextile, menunjukkan semakin tinggi muka air tanah dari dasar pondasi maka nilai  $q_u$  semakin kecil. Dan dapat dilihat juga dari pengujian dengan perkuatan dengan jumlah lapisan geotextilanya 5 lembar ( $n=5$ ) dan pengujian dengan perkuatan dengan jumlah lapisan geotextilanya 4 lembar ( $n=4$ ) dengan tinggi muka air tanah yang sama, semakin banyak lapisan geotextile maka nilai  $q_u$  semakin besar. Hal ini disebabkan karena adanya perkuatan geotextile akan menambah daya dukung ultimit pada pasir. Sehingga semakin banyak lapisan geotextile mempengaruhi nilai daya dukung ultimitnya, yaitu semakin besar.

Pada Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13 terlihat pengaruh variasi muka air tanah dan penggunaan geotextile terhadap daya dukung ultimit tanah. Semakin besar muka air tanah maka daya dukung ultimit semakin kecil. Pada saat ada muka air tanah, butiran tanah akan terlapis air yang menyelimuti lapisan tanah sehingga terjadi penggelembungan (heave) pada butiran tanah yang mengakibatkan gesekan antar butir tanah tidak terjadi dan berkurangnya kuat geser. Padahal gesekan antar butir tanah tersebutlah yang meningkatkan daya dukung ultimit. Pada muka air tanah 80 cm seluruh ru-

ang pori terisi air dan tegangan efektif lebih ringan sehingga penurunan menjadi lebih besar dan daya dukung ultimit menjadi kecil dibandingkan pada muka air tanah 55 cm, 67,5 cm, atau 77,5 cm. Tegangan efektif di dalam massa tanah akan mengalami perubahan dikarenakan adanya rembesan air yang melaluinya. Apabila muka air bertambah maka kestabilan tanah akan hilang dan daya dukung menjadi lebih kecil.

Dengan adanya geotextile daya dukung bertambah dibandingkan tanpa geotextile, dan dengan jumlah geotextile yang lebih banyak menghasilkan daya dukung ultimit yang lebih besar. Karena pada saat pembebanan dilakukan, pada perlakuan untuk jarak antar geotextile yang rapat yaitu 2,5 cm dengan menggunakan lembaran geotextile sebanyak 5 lembar, seluruh lapisan geotextile dapat memikul beban yang diterima dan dapat menahan bidang gelincir yang mengakibatkan daya dukung ultimitnya dapat bertambah dibandingkan dengan pengujian dengan perlakuan jarak antar geotextile tidak rapat yang menggunakan 4 lembar geotextile dengan jarak antar geotextile 5 cm. Karena untuk perlakuan tersebut, lembar geotextile sebanyak 4 lembar tidak seluruhnya dapat memikul beban yang diterima. Dilihat dari tinggi bidang gelincir yang sebesar 14 cm, hanya 2 lembar geotextile yang dapat menahan langsung beban yang diterima sehingga berpengaruh pada daya dukung ultimit menjadi lebih kecil.

### Analisis Bearing Capacity Ratio (BCR)

*Bearing Capacity Ratio* (BCR) merupakan rasio antara daya dukung ultimit tanah pondasi yang diperkuat dengan daya dukung ultimit tanah pondasi yang tidak diperkuat.

Perhitungan:

$$BCR_1 = \frac{q_{r1}}{q_{u1}} = \frac{0,35}{0,15} = 2,333$$

$$BCR_2 = \frac{q_{r2}}{q_{u2}} = \frac{0,29}{0,13} = 2,231$$

$$BCR_3 = \frac{q_{r3}}{q_{u3}} = \frac{0,22}{0,1} = 2,2$$

$$BCR_4 = \frac{q_{r4}}{q_{u4}} = \frac{0,17}{0,08} = 2,125$$

$$BCR_5 = \frac{q_{r5}}{q_{u1}} = \frac{0,30}{0,15} = 2$$

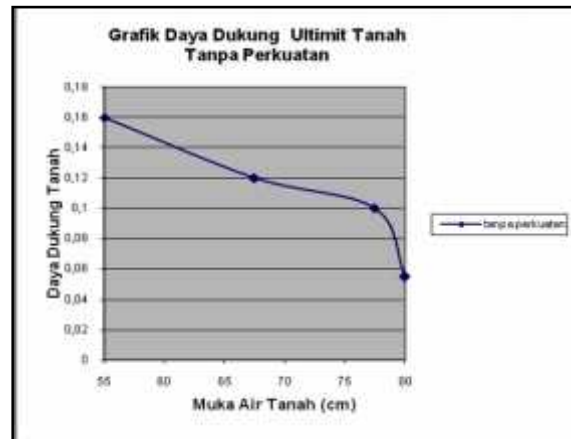
$$BCR_6 = \frac{q_{r6}}{q_{u3}} = \frac{0,25}{0,13} = 1,923$$

$$BCR_7 = \frac{q_{r7}}{q_{u3}} = \frac{0,19}{0,1} = 1,9$$

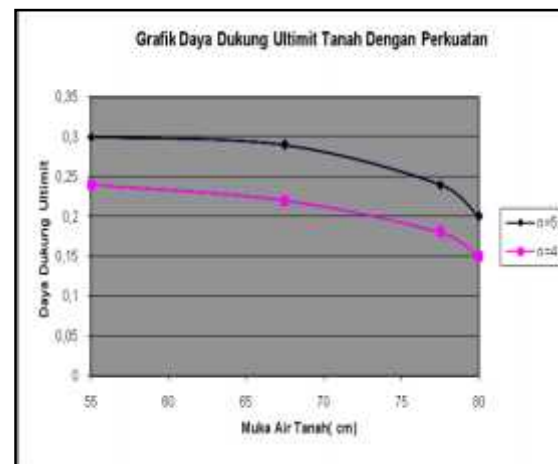
$$BCR_8 = \frac{q_{r8}}{q_{u3}} = \frac{0,14}{0,08} = 1,75$$

Pengaruh variasi tinggi muka air tanah dari dasar pondasi terhadap rasio antara daya dukung ultimit tanah pondasi yang diperkuat de-

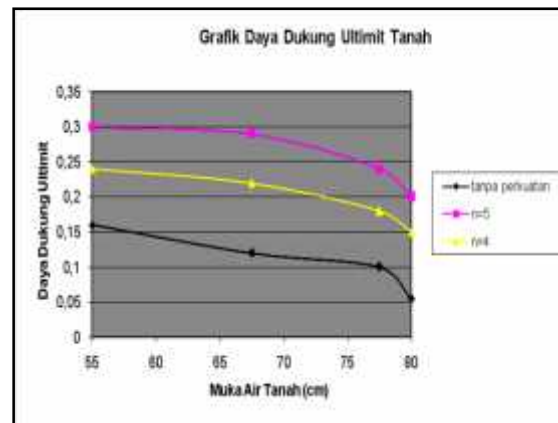
ngan daya dukung ultimit tanah pondasi yang tidak diperkuat (BCR) dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 11. Grafik Daya Dukung Ultimit (Tanpa Perkuatan)



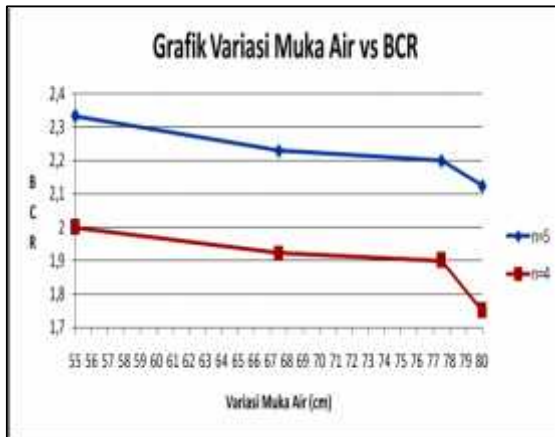
Gambar 12. Grafik Daya Dukung Ultimit (Dengan Perkuatan)



Gambar 13. Grafik Daya Dukung Ultimit

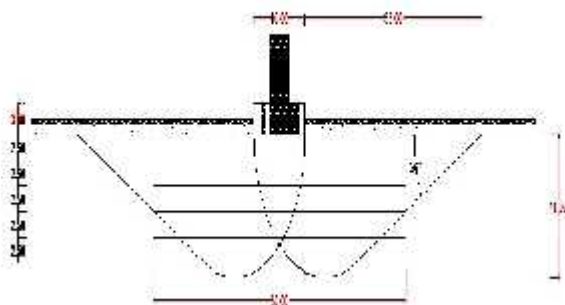
Dari Gambar 14 dapat dilihat pada variasi jarak muka air tanah 55 cm dari dasar kolam di

peroleh BCR sebesar 2,333 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 2 untuk  $n=4$ . Untuk variasi jarak muka air tanah 67,5 cm di peroleh BCR sebesar 2,231 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 1,923 untuk  $n=4$ . BCR sebesar 2,2 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 1,9 untuk  $n=4$  untuk variasi jarak muka air tanah 77,5 cm dari dasar kolam. Dan variasi jarak muka air tanah 80 cm dari dasar kolam di peroleh BCR sebesar 2,125 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 1,75 untuk  $n=4$ .



Gambar 14. Grafik Hubungan Variasi Muka air tanah vs BCR

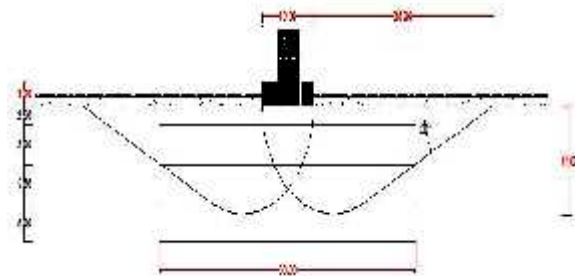
Semakin besar muka air tanah maka semakin kecil BCR yang diperoleh, berarti daya dukung ultimitnya juga semakin kecil. Hal ini karena adanya air dalam massa tanah akan mengurangi tegangan efektif tanah. Jika pasir terletak dibawah permukaan air, berat volume pasir efektif menjadi berkurang yang mencapai setengah dari berat volume pasir kering atau lembab. Sehingga kenaikan muka air tanah dari tanah dasar sampai bagian sisi bawah dasar pondasi dapat mengakibatkan pengurangan kapasitas dukung kira-kira setengah dari kapasitas dukung pasir kering atau lembab.



Gambar 15. Pola Keruntuhan dengan Perkuatan N=5

Jumlah lapisan geotextile dan jarak pemasangan geotextile juga berpengaruh. Hal ini dapat terjadi karena ketebalan tanah di atas geo-

textile mempengaruhi kinerja geotextile terhadap kemampuannya menahan penurunan akibat bertambahnya beban sehingga semakin besar lapisan dan jarak pemasangan geotextile dari dasar pondasi semakin kecil kinerja geotextile yang mengakibatkan daya dukung ultimit tanah menjadi semakin kecil.



Gambar 16. Pola Keruntuhan dengan Perkuatan N=4

## 5. PENUTUP

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Secara umum, dengan adanya perkuatan geotextile di bawah pondasi dangkal dapat meningkatkan daya dukung ultimit tanah pasir walaupun terdapat muka air. Dimana dengan perkuatan memberikan kenaikan daya dukung 1,75-2,5 kali dibanding tanpa perkuatan. Variasi tinggi muka air berpengaruh terhadap daya dukung ultimitnya. Muka air yang lebih tinggi akan menyebabkan penurunan semakin besar dan daya dukung semakin kecil. Selain itu, jumlah lapisan geotextile juga mempengaruhi nilai daya dukung ultimit. Semakin banyak lapisan geotextile yang digunakan maka semakin besar daya dukung ultimitnya.
2. Faktor variasi muka air tanah sangat berpengaruh terhadap penurunan yang terjadi. Semakin tinggi muka air maka semakin kecil BCR yang diperoleh, ini berarti daya dukung ultimitnya juga semakin kecil. Jumlah lapisan geotextile dan jarak pemasangan geotextile juga mempengaruhi nilai BCR, yaitu pada variasi jarak muka air 55 cm dari dasar kolam di peroleh BCR sebesar 2,333 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 2 untuk  $n=4$ . Untuk variasi jarak muka air 67,5 cm di peroleh BCR sebesar 2,231 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 1,923 untuk  $n=4$ . BCR sebesar 2,2 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 1,9 untuk  $n=4$  untuk variasi jarak muka air 77,5 cm dari dasar kolam. Dan variasi jarak muka air 80 cm dari dasar kolam di peroleh BCR sebesar 2,125 untuk  $n=5$ , dan BCR sebesar 1,75 untuk  $n=4$ .

## Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan dengan:

1. Perlu kiranya dikaji tentang studi berapa jumlah geotextile yang efektif menahan beban real di lapangan.
2. Karena tanah pasir merupakan tanah berbutir kasar yang mudah berelokasi/mengelinding bergeser, sehingga perlu dikaji bagaimana daya dukung pasir tanpa dan dengan perkuatan geotextile apabila ada ceceran/genangan oli (cairan kental).
3. Perlu juga dikaji daya dukung pondasi di atas tanah pasir dengan variasi kepadatan relatif, variasi bahan perkuatan lain, serta variasi penampang pondasi.

JPT © 2011

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J. 1993. *Analisis dan Desain Pondasi*, Edisi Keempat Jilid 2. Alih bahasa oleh Pantur Silaban. Erlangga. Jakarta.
2. Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah, Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*, Jilid 2. Diterjemahkan Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Erlangga. Jakarta.
3. Das, B. M. 1998. *Mekanika Tanah, Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*, Jilid 1. Diterjemahkan Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Erlangga. Jakarta.
4. Hardiyatmo, H. C. 2003. *Teknik Fondasi II*, Edisi Kedua. Beta Offset. Yogyakarta.
5. Shirley, L. H. 1994. *Penuntun Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah*. Nova. Bandung.
6. Utomo, Pontjo. 2004. *Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal di Atas Tanah Pasir Yang Diperkuat Geogrid* (<http://puslit.petra.ac.id/jurnals/civil>, diakses pada tanggal 29 September 2007)
7. Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
8. Zainal, N dan Respati, S. N. 1995. *Pondasi*. Penerbit Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik. Bandung.